

7. Малые ЭВМ и их применение / Под общей ред. Б.Н.Наумова.- М.:Статистика, 1980.
8. Электронная вычислительная машина "Электроника-60". Техническое описание. 2.791.004.Т0.-Воронеж: ЦНИИ "Электроника", 1978.

УДК /620.187:681.3/:621.318.1-416

В.В.Юдин, А.В.Матюхин, С.В.Должиков,
В.А.Гуленко, Г.В.Козодой, Л.А.Юдина

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА
МАГНИТНОЙ И ДЕФЕКТНОЙ СТРУКТУР ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПЛЕНОК
(г.Владивосток)

Одной из важнейших в области физики твердого тела и магнетизма является задача управляемого роста планарных магнитных сред, используемых в качестве перспективных элементов памяти на уровне сотен Å. Сложность кристаллического строения, магнитной структуры, системы дефектов ультрадисперсных и аморфных пленок обостряет потребность в соответствующем кибернетическом оснащении [1]. Решение проблемы управляемого, прогнозируемого роста тонких ферромагнитных пленок (ТФП), а также задачи оперативного количественного контроля за видом и характером магнитной структуры, статистическими параметрами субдефектов немислимо без органического включения в схему физического эксперимента хорошо развитых ЭВМ с оптическими предпроцессорами.

Переход к созданию и использованию автоматизированных оптико-цифровых комплексов, осуществляющих измерения, обработку входной информации, моделирования, интерпретацию и выработку квазиоптимальных технологий выращивания пленок с требуемой магнитной структурой, адекватно отображает тот целостный системофизический уровень сложности исследуемых объектов, игнорируя который, нет возможности решить стоящую проблему. Отметим, что процедура поиска почти оптимальных технологий роста будет происходить при непосредственном участии физика-экспериментатора, предлагающего в диалоговом режиме развитой ЭВМ исходные, нужные ему подобласти пространства стратегии в которых продолжать поиск будет сама ЭВМ. Весьма значительна роль

физика-экспериментатора и на стадии моделирования, особенно интерпретации полученных промежуточных результатов.

В представлении квазислучайных процессов (полей) ультрадисперсные и аморфные пленки могут быть представлены как случайные объекты со сравнительно равномерно распределенными параметрами. Для решения стоящей проблемы следует применить методику спектрального анализа случайных процессов. Именно эти процедуры воплощены в разработанном нами информационно-физическом комплексе (ИФК) для проведения количественного анализа ТФП (рис.1). Ниже будут проиллюстрированы некоторые аспекты обсуждаемой проблемы на примере конкретных К и М-структур.

Предлагается ИФК, состоящий из нескольких агрегативных подструктур.

Физический уровень

Состоит из блока получения ТФП при тех или иных физических факторах, группы электронных микроскопов JSM -ИЗ; JEM -100 В. Электронно-микроскопические изображения или сами пленки, их картины малоуглового или большеуглового рассеяния и пр. поступают на вход.

Каналы оптических предпроцессоров

На рис.1 приведены 3 канала: автоматический микрофотометр, состыкованный с ЭВМ "МИР-1", лазерный спектроанализатор пленок и их изображений, дающий дифракционные картины Фраунгофера (ДФФ) и корреляторы, осуществляющие оценку близости получаемых пленок к требуемой эталонной.

Уровень машинного сервиса, сопряжение малых ЭВМ

Через блок коммутации и электронно-механического сканирования в заданной геометрии реализаций случайных К и М-структур, сечений ДФФ, МУР, корреляционных тел, поступают на АЦП или на ЭПП, квантователь и в ЭВМ, что дает возможность сформулировать файлы вторичных данных на перфолентах, магнитных барабанах или в прямой форме.

Уровень базовой ЭВМ или вторичного банка данных

В качестве такой могут служить ЭВМ ЕС-1022; ЕС-1033; АСВТ-М-4031. Должно быть отработано системное математическое обеспечение взаимодействия базовой ЭВМ и банка данных, а также пакеты алгоритмов спектральных преобразований, распознавания образов.

Уровень развитых мини-ЭВМ

Здесь главная точка приложения физика-экспериментатора-системщика, где решаются задачи моделирования исследуемых структур, их интерпретация в терминах, например, информационных функционалов от

спектральных оценок, мер близости-сходства и пр., приводящих снова к простым закономерностям.

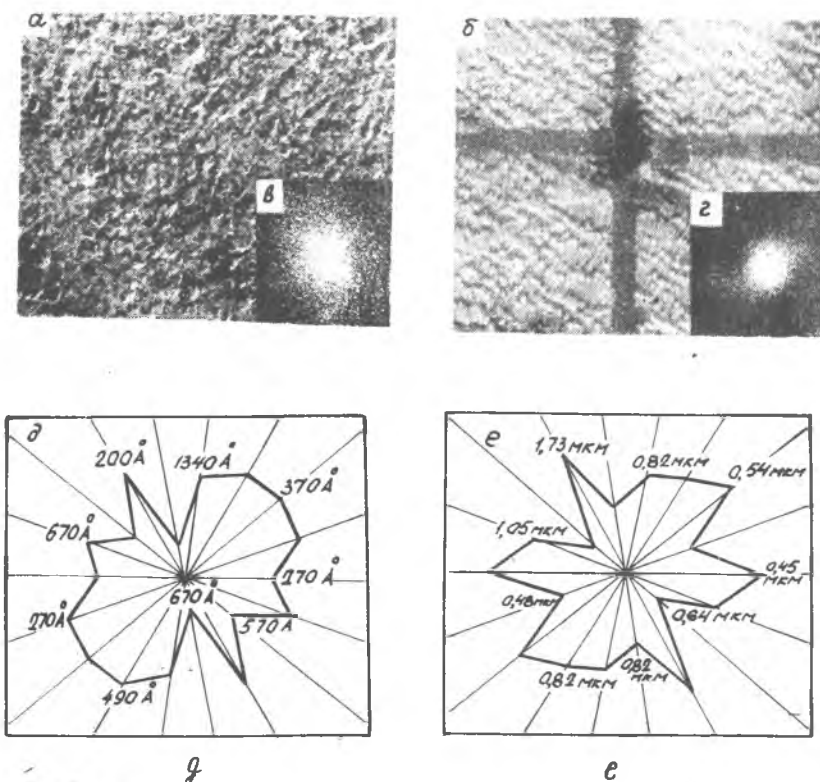
Общая схема прохождения и этапов обработки информационного потока в информационно-физическом комплексе следующая. Из априорных физических соображений получают высокодисперсные и аморфные пленки. При соответствующих режимах электронных микроскопов фотографируются К и М-структуры. Используя доказанный нами принцип подобия [2] электронного МУРа, полученного непосредственно с исследуемого объекта, и оптической ДКФ, полученной с его изображения, дальнейшую обработку проводить с оптическим диапазоном. Электронно-микроскопические снимки исследуемых структур являются входной информацией для оптических предпроцессоров и оптического когерентного спектрального анализатора (дифрактомера), например, электронно-микроскопическое изображение переводится в Фурье-представление. В результате когерентной оптической обработки происходит сокращение избыточности информации от 10^{14} до 10^4 . Сканирующий и считывающий автомат (автосканер) в заранее выбранной геометрии дискретизации (например, радиальной) получает в аналоговой форме профили интенсивности дифракционных картин Фраунгофера. Последние по каналам связи вводятся в ЭВМ первого уровня обработки информации, где по разработанным пакетам программ осуществляется дальнейшая свертка информации. Ее результатом являются те или иные функционалы спектральных оценок, способные характеризовать К и М-структуры. На втором уровне в диалоговом режиме производится проверка гипотез, ищутся в построенном пространстве признаков физически полезные зависимости. Они и являются исходным материалом для технологически приемлемых рекомендаций.

Приведем некоторые конкретные физические результаты, полученные в исследовательском режиме ИФК, с позиций системного целостного подхода к изучаемым структурам.

Один из возможных путей получения пленок с регулярной магнитной структурой лежит в управлении дефектами кристаллического строения [3]. Характер распределения, тип и плотность дефектов (мало-, большеугловые границы зерен, дефекты упаковки, двойники, поры) определяют основные магнитные параметры (константу наведенной анизотропии, ее дисперсию, вид доменной структуры, коэрцитивную силу). Ориентированная пористость высокодисперсных поликристаллических пленок приводит к одноосной магнитной структуре и малоугловой ряби намагниченности. Наоборот, сильно неупорядоченная кар-

тина пор уменьшает константу наведенной магнитной анизотропии, усложняет спектральный состав ряби, появляются λ_{SR} и λ_{LR} .

Для примера работы ИФК в исследовательском режиме рассмотрим К и М-структуры высокодисперсной пленки состава $Fe - 79\% Ni$ с добавлением LiF , полученной при угле молекулярного пучка $\alpha = 20^\circ$ (рис.2) Изображения кристаллических и магнитных структур



Р и с. 2. Результаты исследования структуры высокодисперсной пленки: а, б - изображения кристаллической и магнитной структур; в, г - спектры Фурье; д, е - дефектное поле и магнитная структура исследуемой пленки

исследуемого объекта, полученных в электронном микроскопе, приведены на рис.2 а,б. Оптический спектроанализатор переводит информацию из плоскости изображения в частотную плоскость, уменьшает избыточность информации, однако спектр Фурье по-прежнему остается двумерным (рис.2 в,г). Для количественной характеристики К и М-полей представим двумерные картины Фраунгофера набором профилей интенсивности с выбранным шагом дискретизации по углу и частоте. Разработанный нами алгоритм машинного счета [4] позволяет построить меры степени анизотропии, характеризующие дефектное поле и магнитную структуру (рис.2 д,е). Очевидно, что обе кривые характеризуются одинаковым числом осей анизотропии (по три), одинаковой формой и численной мерой степени анизотропии ($A_K = 0,206$; $A_M = 0,196$). Это свидетельствует о том, что вектор намагниченности для пермалоевой пленки при $\alpha = 20^\circ$ имеет максимальную горизонтальную составляющую в пленке и хорошо коррелирует с полем дефектов.

В заключение следует отметить, что используя ИФК в исследовательском режиме, удалось найти тесную коррелятивную связь между К и М-структурами для пермалоевых объектов в интервале углов напыления молекулярного пучка $\alpha = 25-35^\circ$. При больших углах ($\alpha > 35^\circ$) вектор намагниченности выходит из плоскости пленки, и степень сходства изображений кристаллического и магнитного уменьшается.

В случае успешного поиска устойчивых квазиоптимальных условий связи дефектного и магнитных полей предлагаемый информационно-физический комплекс может быть переведен на технологический цикл через управляющую вычислительную машину (УВМ).

Л и т е р а т у р а

1. Юдин В.В., Тимакова Г.П., Матохин А.В., Козодой Г.В., Юдина Л.А., Ветер В.В. Комплекс ЖЕМ-100 В-Фурье-спектроанализатор-ЕС ЭВМ в исследовании ультрадисперсных и аморфных структур.-Таллин, 1979, т.1, с.54.
2. Тимакова Г.П., Юдина Л.А., Кленин С.А., Юдин В.В., Ветер В.В. Фурье-оптика в физике тонких пленок.-ФММ, 1977, т.44, с.1199-1205.
3. Тимакова Г.П., Матохин А.В., Ветер В.В., Юдина Л.А., Юдин В.В. Когерентные методы анализа системы субдефектов в тонких магнитных слоях.-ФММ, 1979, т.47, с.741-746.

4. Коварский Н.Я., Юдина Л.А., Рудик Е.И., Матохин А.В., Юдин В.В. Исследование морфологии, структурных особенностей, анизотропии микрорельефа поликристаллических электролитических осадков методами когерентной оптики. - Электрохимия, 1981, т. XVII, с. 569-575.

УДК 62-50.001.5

В.С.Семенов, А.И.Минаков, М.Е.Осмоловский,
А.В.Алиппиев, В.П.Милованов

К ПРИМЕНЕНИЮ АСНИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

(г. Куйбышев)

В высших технических учебных заведениях лабораторным практикам принадлежит важная роль в подготовке квалифицированных специалистов, владеющих навыками научно-исследовательской работы.

Цель лабораторной работы в учебном процессе вуза состоит в том, чтобы дать возможность студенту подтвердить справедливость основных теоретических законов, выведенных ранее эмпирически или экспериментально и использующихся в различных научных и практических направлениях, ознакомить студентов с различными техническими и производственными объектами и процессами, а также с промышленной и измерительной аппаратурой, характерной для каждой специальности, с методами использования этой аппаратуры и работы на ней, кроме того, привить навыки самостоятельных научных исследований. В соответствии с делением изучаемых в вузе дисциплин на теоретические и специальные, лабораторные работы также целесообразно разделить на ЛР, проводимые по теоретическим (общеобразовательным) курсам (ЛРТ) и по специальным дисциплинам (ЛРС).

Первая группа характерна тем, что выполнение "классических", подробно описанных в учебной литературе опытов на стандартных лабораторных установках и макетах и использование однозначно определенных методик приводит студента к убеждению в справедливости основных теоретических законов, знание которых потребуется ему в дальнейшем при изучении специальных дисциплин, а также подтверждает достоверность определенных функциональных зависимостей, по-